

50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau
von Makro bis Nano /
Mechanical Engineering
from Macro to Nano**

Proceedings

Fakultät für Maschinenbau /
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel
Dipl.-Ing. Helge Drumm
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)
Postfach 10 05 65
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.
Werner-von-Siemens-Str. 16
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

B. Stadnyk / P. Skoropad

Metallische Präzisionsthermometer

ABSTRACT

The expediency of using for sensitive elements of precision temperature transducers which build on materials with the disordered structure is shown by analysis of thermometry development. The concept of development the high precision temperature sensors with sensitive elements which are based on metal amorphous alloys with the consideration of influence on them the physical mechanical processes which occur in materials of such elements in regular use condition is presented.

STAND DER FORSCHUNG

Dank der raschen Entwicklung der Elektronikbranche mit rauscharmer, empfindlicher und präziser Analogelektronik ist man heutzutage in der Lage solche Temperaturmessgeräte zu bauen, dass von denen herrührende Messunsicherheitskomponenten deutlich unter dem Messfehler eines handelsüblichen elektrischen Thermometers (ET) sind. Aus diesem Grund bleibt die Aufgabe der Entwicklung neuen Thermometer mit verbesserten Kennwerten hoch aktuell.

Die Ergebnisse unseren früheren Untersuchungen [1] zeigen, dass die Messgenauigkeit von Thermoelementen durch Inhomogenitäten chemischer und physikalischer Art begrenzt wird. Die häufigsten Ursachen dabei sind mechanische Mikrospannungen σ , die zu der Instabilität ihren elektrophysikalischen Charakteristiken führen. In gespannten Thermoelektroden entstehen sekundäre Thermospannungen, die sich durch Gibbsche Energieänderung beschreiben lassen: $(\sigma/E_0) \cdot \nabla\sigma$, wobei E_0 - den Elastizitätsmodul und $\nabla\sigma$ - den Gradient der mechanischen Spannungen bezeichnet. Solche Spannungen spielen Rolle eines integralen Faktors, der ein Maß der Unstabilität der thermometrischen Eigenschaften von polykristallieschen Elektroden darstellt.

Elektrische Thermometer mit verbesserten Eigenschaften kann man mit dem Einsatz von neuen Materialien gewinnen. Passend dazu haben sich metallische Gläser (MG) gezeigt. Aus dem Ansichtspunkt ihren Anwendung als Temperaturfühler vereinen die metallischen Gläser in einem die beste chemische und physikalische Eigenschaften von Monokristallen als auch von Schmelzungen [2].

Für einen Industrieinsatz der MG fehlten bisher die Kenntnisse über das Verhalten von restlichen mechanischen Spannungen und über die Stabilität von elektrophysikalischen Parametern im Lauf der Zeit. Diese Probleme zusammen mit Normung der elektrophysikalischen Parameter und

thermoelektrischen Eigenschaften waren Gegenstand des Interesses in unseren Untersuchungen. Die Normung der thermometrischen Eigenschaften von MG wurde nach drei Gruppen von Eigenschaften vorgeschlagen: technologischen, thermodynamischen und strukturellen [3].

ERGEBNISSE UND FORTSCHRITTE

Die thermometrischen Eigenschaften von MG der Metall-Metalloid und Metal-Metal Klassen wurden untersucht. Die elektrokinetische Eigenschaften von MG aus $Ni_{1-x}-P_x$ wurden erforscht und in [4] beschrieben. Mit dem Ziel elektrische Thermometer mit gewünschten thermometrischen Eigenschaften zu schaffen wurden Relaxationsprozesse von mechanischen Spannungen in MG beobachtet. Ergebnisse der durchgeführten Analyse zeigen, dass der Draht aus dem metallischen Glas kann sich langfristig im amorphen Zustand, ohne Kristallstrukturen aufzubauen, unter einer statischen Thermobelastung erhalten. Legierung **Ti-Cu-Ni-Si** bei $T_e=100$ K erhält sich amorph 50 Jahre und 20 Jahre bei $T_e=600$ K. Die Experimentelle Ergebnisse beweisen gute Korrosionsfestigkeit und Stabilität der Eigenschaften von MG unter der Wirkung von mechanischer und thermischer Einflüsse und radioaktiver Strahlung. Diese Ergebnisse sind gute Voraussetzungen für einen möglichen Einsatz von MG als Material für Temperaturfühler.

In einer anderen Untersuchung wurden Eigenschaften von polykomponentlichen MG Temperaturfühler in einem breiten Temperaturbereich (4,2 K bis 700 K) und in unterschiedlichen Einsatzbedingungen [5-7] beobachtet und mit den Ergebnissen für ein Platinthermoelement verglichen (Bilder 1 und 2).

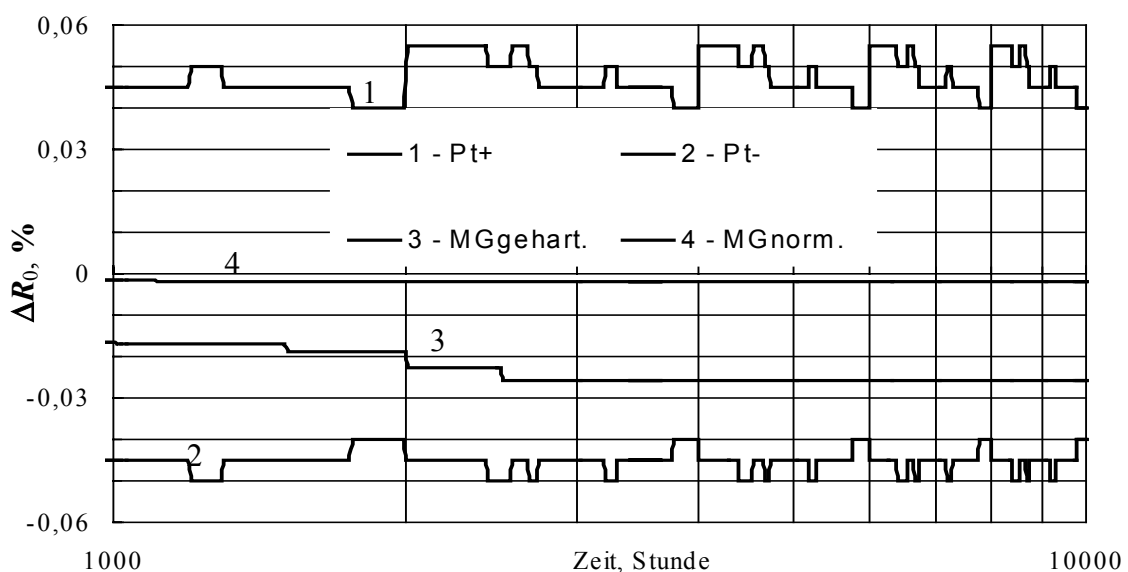


Bild 1. Abweichung R_0 ET aus dem MG

Analyse der Ergebnisse für gehärtete MG zeigt einen Rückgang des $R(\theta \text{ } ^\circ\text{C})$ -Widerstandes, der kleiner als 0,03 % bleibt, nach den drei tausend Stunden Aufenthalt in einer Hochtemperaturzone und während folgenden Untersuchungen bleibt unverändert. Solches Verhalten lässt sich durch die Entspannung von durch das Härten entstandenen technologischen Spannungen und durch eine partielle Anordnung der Struktur der amorphen Matrizze während der Anfangsphase der Arbeit bei Hochtemperatur erklären. Bei den normalisierten MG Änderung des $R(\theta \text{ } ^\circ\text{C})$ -Wertes bleibt kleiner als -0,005 % (bei gleichzeitiger Änderung $\pm 0,05 \%$ für Platin-Thermometer) und passiert während des ersten Zyklus Aufenthalt in Hochtemperaturzone (Bild 2).

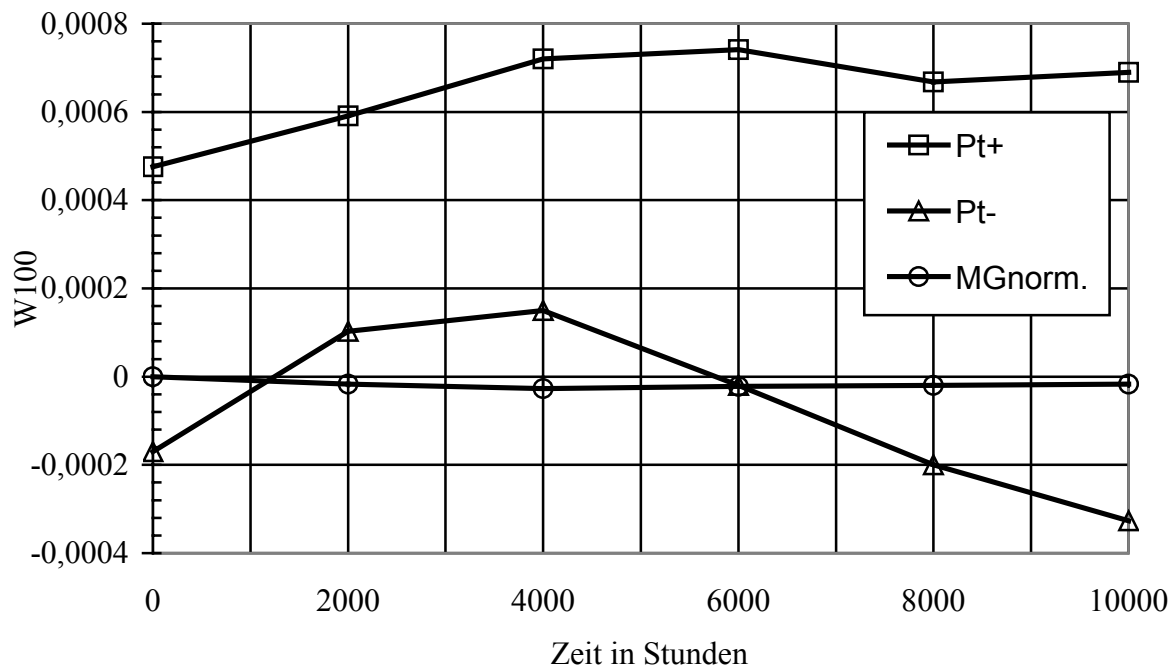


Bild 2. Abweichung W_{100} für Widerstandsthermometer aus dem MG

Auch bei der Analyse der Stabilität von W_{100} -Kennwert haben die MG-Thermometer besser abgeschnitten als Platin-Widerstandsthermometer. Bei den MG ändert sich W_{100} im Bereich von -0,003 % bis -0,005 %, was deutlich kleiner als bei den Platin-Thermometer ist (-0,03 % bis +0,075 %). Die Änderung in MG-Thermometer passiert während des ersten Temperaturänderungszyklus und danach bleibt fast unverändert (Bild 2).

Es wurden auch Untersuchungen des Verhaltens von Thermometer im Magnetfeld durchgeführt. Die Thermoelemente aus MG wurden in einem Magnetfeld mit der Flussdichte B bis 7 T unter kryogenischen als auch hohen (600 K) Temperaturen während drei tausend Stunden gehalten und ihre Anzeigen mit einem Thermoelement vom Typ K verglichen (Bilder 3 und 4). Die Thermoelemente aus metallischen Gläsern zeigen hohe Stabilität auch unter dem Magnetfeldeinfluss:

- relative Änderung der Temperaturanzeige im kryogenischen Temperaturbereich überschreitet nicht den Wert von 0,02 % (vgl. $\pm 0,25 \%$ für das Thermoelement vom Typ K) und nähert

sich Null bei einer Temperatursteigerung (Bild 3);

- o bei der Temperatur von 600 K befinden sich die Anzeigeabweichungen der MG-Thermoelemente innerhalb einer Spanne von ± 1 K (vgl. -10 K bis $+6$ K für K-Thermoelement).

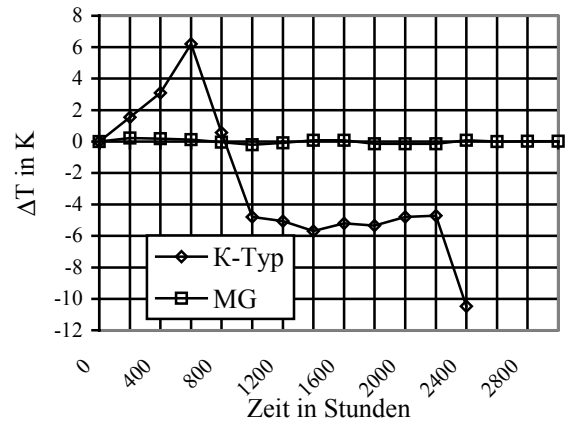
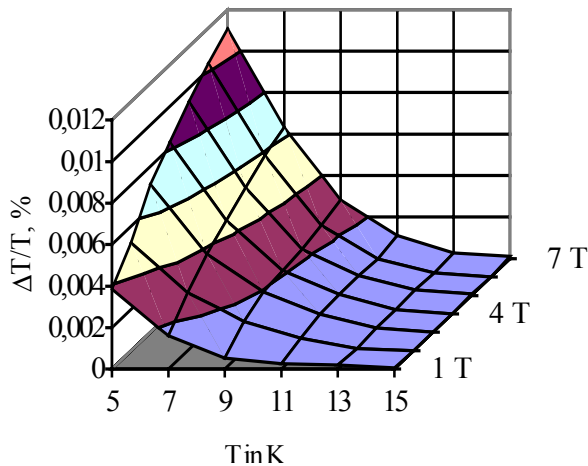


Bild 3. Temperaturabhängigkeit der Anzeigeabweichungen der MG-Thermoelemente im Magnetfeld bis 7 T

Bild 4. Anzeigeabweichungen der Thermoelemente nach 3000 Std., Entspannung bei 600 K

Im Vergleich mit handelsüblichen elektrischen Thermometers haben die MG bei allen durchgeführten Tests insbesondere im kryogenischen Temperaturbereich besser abgeschnitten. Die Ergebnisse sprechen von guten Aussichten für metallische Gläser als Material für Temperaturfühler.

Literatur:

- [1] F. Skoropad, B. Stadnyk, "The physical aspects of the influence of elastic-deformed condition on thermo-e.m.f.", Journal of Thermoelectricity, 1999, no. 2, pp. 41 - 50.
- [2] Ph. Skoropad, "Metal Glasses in Thermometry", 41. Internationales wissenschaftliches kolloquium (23. - 26. September 1996, Ilmenau), vol. 1, pp. 641- 644.
- [3] P. Skoropad, "The analysis of criteria of valuation thermoelectric of properties of metal glasses for purposes thermometry", 8th International Symposium on Temperature and Thermal Measurements in Industry and Science: TEMPMEKO'2001 (2001, Berlin, Germany), pp. 325.
- [4] F. Skoropad, B. Stadnyk, "Electronic transport in amorphous Ni-P alloys", XVI International Conference on Thermoelectrics ICT'97 (1997, Dresden), Proceedings, pp. 520- 522.
- [5] S. Jacyszyn, B. Stadnyk, J. Łucyk, F. Skoropad, "Efekty szumowe w termometrii", Pomiary Automatyka Kontrola, 2003, no. 7/8, pp. 15- 17.
- [6] B.I. Stadnyk, F.I. Skoropad, I.P. Mykytyn, "Wpływ stanu fizycznego materiałów na właściwości metrologiczne czujników stosowanych w termometrii szumowej", Materiały III Międzynarodowego seminarium metrologów "Metody i technika przetwarzania sygnałów w pomiarach fizycznych" (Lwów-Rzeszów-95), pp. 161-164.
- [7] B. Stadnyk, F. Skoropad, "Low Temperature Thermoconverter", International IMECO-Seminar "Low Temperature Thermometry and Dynamic Temperature Measurement" (1997, Wrocław - Łądek Zdrój, Poland), Proc., pp. L75 -L79.

Autorenangaben:

Prof., Dr. Sci. Bohdan Stadnyk
 Doc., Dr. Sci. Pylyp Skoropad
 Lviv Polytechnic National University, Bandery Str. 12
 79013 Lviv, Ukraine
 Tel.: +38-032-2729270
 Fax: +38-032-22582619
 E-mail: skorfil@yahoo.co.uk